

# AUBE '01

12TH INTERNATIONAL  
CONFERENCE <sup>ON</sup> AUTOMATIC  
FIRE DETECTION

March 25 - 28, 2001  
National Institute Of Standards and Technology  
Gaithersburg, Maryland U.S.A.

## PROCEEDINGS

Editors: Kellie Beall, William Grosshandler and Heinz Luck



**NIST**  
National Institute of Standards and Technology  
Technology Administration, U.S. Department of Commerce

A. Trampe, H. Fissan

Process- and Aerosol Measurement Technology Division, Gerhard Mercator University  
Duisburg, Germany

## **Kalibrierung von Brandmeldern im Sub – Mikron Bereich**

### **1 Einleitung**

Zur Detektion von Bränden werden unterschiedliche Melder eingesetzt, die auf Zustandsänderungen im Raum reagieren. Mehrere Melderarten reagieren auf die beim Brand sich ändernden Partikelanzahlkonzentrationen, gewichtet mit unterschiedlichen Partikel – Durchmesserfunktionen. Ausgangspunkt zur Beschreibung der Reaktion eines Melders ist zunächst die Partikelanzahlkonzentration in Abhängigkeit vom Partikeldurchmesser. Bei einem beginnenden Brand wird das bereits im Raum vorliegende Hintergrundaerosol durch das Brandaerosol überlagert, das aus der Dampfphase gebildet wird und deswegen zunächst aus kleinsten Partikeln (Nanopartikel) besteht, die aufgrund nachfolgend wirkender aerosoldynamischer Prozesse vergrößert werden. Da die Nanopartikel bei einem beginnenden Brand das erste Brandsignal darstellen, ist ihre Erfassung bei der Charakterisierung von Brandaerosolen von besonderer Bedeutung. Die bisher eingesetzten Verfahren sind aber in ihrer unteren Nachweisgrenze in Hinblick auf die Partikelgröße begrenzt. Im Rahmen dieses Beitrages wird eine Weiterentwicklung des Differentiellen Mobilitätsanalysators (DMPS), der die Erfassung der Größenverteilung bis in den Nanometerbereich mit hoher Auflösung erlaubt, vorgestellt. Eine hohe Integration der Gerätekomponenten erhöht die Feldtauglichkeit dieses Gerätes.

Auch die eingesetzten Brandmelder haben eine untere Nachweisgrenze im Hinblick auf die Partikelgröße, die für die Reaktionszeit eines Melders auf einen beginnenden Brand maßgeblich ist. Zur Verbesserung der Beurteilung des Reaktionsverhaltens eines Melders ist die Bestimmung dieser unteren Nachweisgrenze von zentraler Bedeutung. Sie kann mit Hilfe wohl definierter, monodisperser Aerosole, insbesondere im Nanometerbereich, bestimmt werden. Eine Methode zur Bestimmung der unteren Nachweisgrenze wird hier vorgestellt.

## 2 Aerosoldynamik

Brandmelder, die auf Partikel reagieren, können als Partikelsensoren betrachtet werden, deren Ausgangssignal von der Partikelanzahlkonzentration, von der Partikelgrößenverteilung und der Partikelart abhängt. Solange kein Brand vorliegt, wird von dem Sensor die am Ort der Probenahme vorliegende natürliche Hintergrundbelastung an Partikeln gemessen. Das sich ergebende Signal liegt unterhalb des Schwellwertes für einen Brand. Werden von mehreren Stellen mit Hilfe eines Leitungssystems Proben zum Sensor geführt, so entsteht ein Gemisch der Aerosole der einzelnen Probenahmestellen. In der Abbildung 1 ist die Anzahlgrößenverteilung für eine saubere ländliche sowie für eine durchschnittliche städtische Umgebung gezeigt.

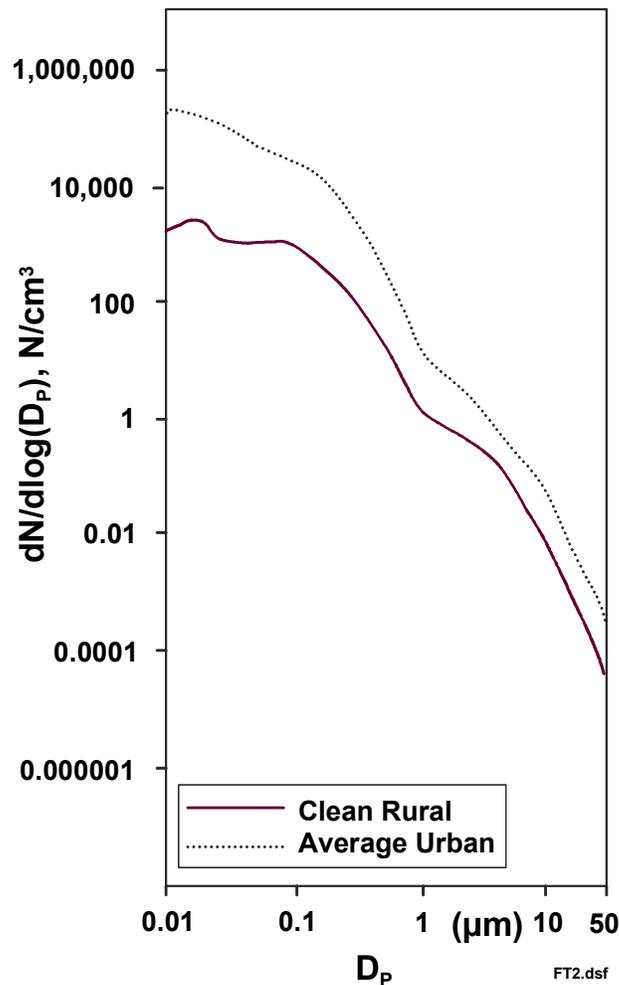


Abbildung 1: Partikelgrößenverteilung als Hintergrundbelastung für Brandsensoren

Der natürliche Größenbereich der Partikeldurchmesser erstreckt sich von wenigen Nanometern bis ca. 100  $\mu\text{m}$ . Ohne äußeren Einfluss bzw. ohne besondere Ereignisse stellt sich in der Raumluft eine relativ stabile Größenverteilung ein. Änderungen vollziehen sich eher langsam. Trotzdem enthält jedes Aerosol eine gewisse Dynamik. Diese Dynamik führt zu Veränderungen in den so genannten Nukelations- und Akkumulationsmoden. Diese Moden in der Partikelgrößenverteilung erkennt man erst, wenn aus der Anzahlverteilung unter Annahme kugelförmiger Partikel die Volumenverteilung berechnet wird. Abbildung 2 zeigt quantitativ eine typische Volumenverteilung.

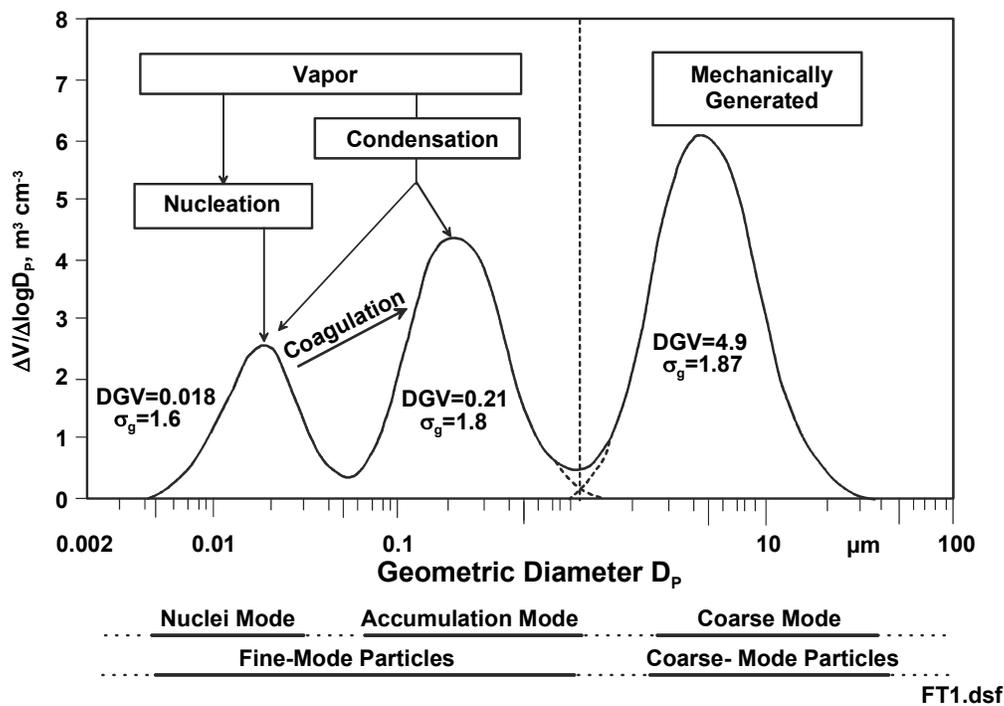


Abbildung 2 Typische Volumenverteilung

Der mechanische Mode bleibt stabil. Es kommt zu keinem Austausch von Partikeln mit den beiden Moden im submikronen Bereich. Die beiden unteren Moden hingegen unterliegen ständigen Veränderungen insbesondere bei Bränden aufgrund Partikelbildung aus der Dampfphase (Nukleation und Kondensation) bzw. Partikelkoagulation bei hohen Anzahlkonzentrationen. Die Partikel des Nukleationsmode wachsen praktisch in den Akkumulationsmode hinein. Diese Vorgänge sind in der Abbildung 3 bildlich verdeutlicht.

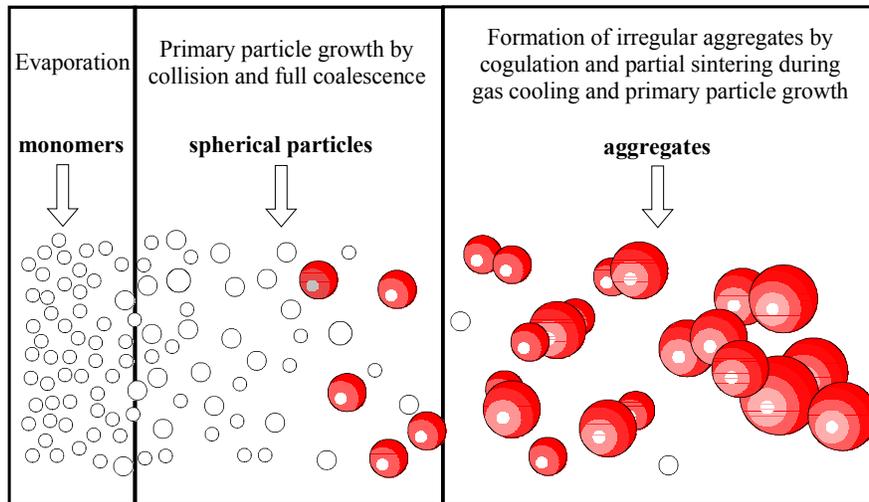


Abbildung 3 Partikelbildung durch Nukleation, Kondensation und Koagulation

Aus der Dampfphase entstehen Keime in sehr hohen Anzahlkonzentration, die durch Kollisionen untereinander und durch Dampfkondensation weiter wachsen. Die Anzahlkonzentration in dieser Phase ist immer noch so hoch, so dass die Partikel aufgrund ihrer Bewegung im Gas häufig kollidieren. Die Partikel bleiben nach der Kollision aneinander haften und wachsen dadurch sehr schnell weiter an. Die Anzahlkonzentration im Aerosol nimmt während der Koagulation stetig ab, wenn keine neuen Partikel zugeführt werden. Dieser Vorgang setzt sich fort, bis die Wahrscheinlichkeit einer Kollision aufgrund der niedrigeren Anzahlkonzentration sehr klein geworden ist. Das Aerosol ist dann relativ stabil. Die Koagulation kann sich über einen Zeitraum von Bruchteilen einer Sekunde bis zu Minuten erstrecken.

Ähnliche Vorgänge spielen sich bei Beginn eines Brandes ab. Es entstehen in unmittelbarer Nähe des Brandes sehr viele Partikel im Nanometerbereich. Mit zunehmendem Alter des Aerosols verschiebt sich die Größenverteilung zu größeren Partikeln. In der Abbildung 4 sind die Größenverteilungen für verschiedene Testbrandaerosole [1] zu verschiedenen Zeiten nach Beginn des Brandes gezeigt.

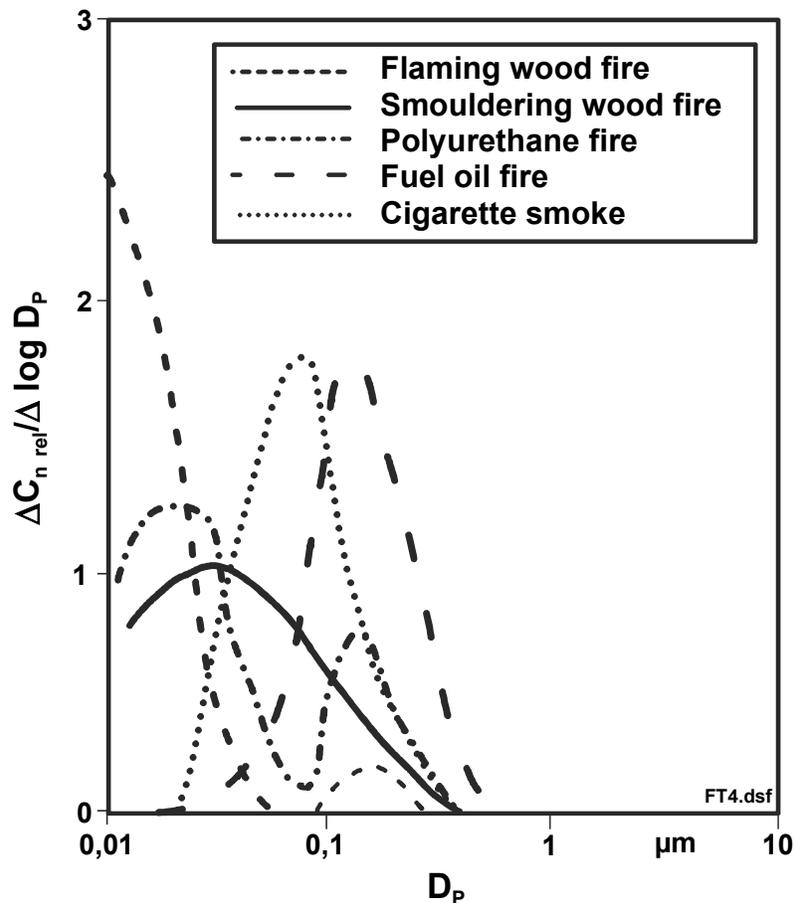


Abbildung 4 Größenverteilungen von Testbrandaerosolen

Bei offenem Holzbrand erkennt man den Nukleationsmode, dessen Maximum vom Messsystem nicht vollständig erfasst werden konnte. Die untere Nachweisgrenze des verwendeten DMPS reichte dazu nicht aus. Das Aerosol des Holzbrandes bildet ab 100 nm einen zweiten Mode, hier noch mit einer geringen Anzahlkonzentration. Der Kunststoffbrand zeigt schon deutlicher den Akkumulationsmode. Für die Beurteilung des Brandfortschrittes bzw. für die frühzeitige Erkennung eines entstehenden Brandes ist es also besonders wichtig, die Größenverteilung, beginnend mit Partikeln im Nanometerbereich, in ihrem zeitlichen Verlauf zu messen. Die oben gezeigten Messungen wurden mit einem DMPS aufgenommen. Das System kann Partikel in einem Bereich von 20 nm bis ca. 1  $\mu m$  mit einer nichtausreichenden Zeitauflösung von 20 Minuten messen. Ab einem Partikeldurchmessern von 100 nm bis zur unteren Nachweisgrenze von 20 nm zeigen sich aber schon größere Fehler in der Messung. Diese Fehler sind u. a. auf Verluste im Messgerät und auf die mit abnehmender Partikelgröße abnehmende Größenauflösung zurückzuführen.

### 3. Entwicklung eines DMPS mit erweitertem Messbereich

Die geschilderten Unzulänglichkeiten führten zur Entwicklung eines verbesserten Gerätes [2]. Ziel der Neuentwicklung war in erster Linie eine Erweiterung des Messbereichs bis zur kleinsten Partikelgröße von 3 nm und eine Minimierung der Partikelverluste im Gerät. Die wesentlichen Komponenten des Messsystems sind in der Abbildung 5 gezeigt.

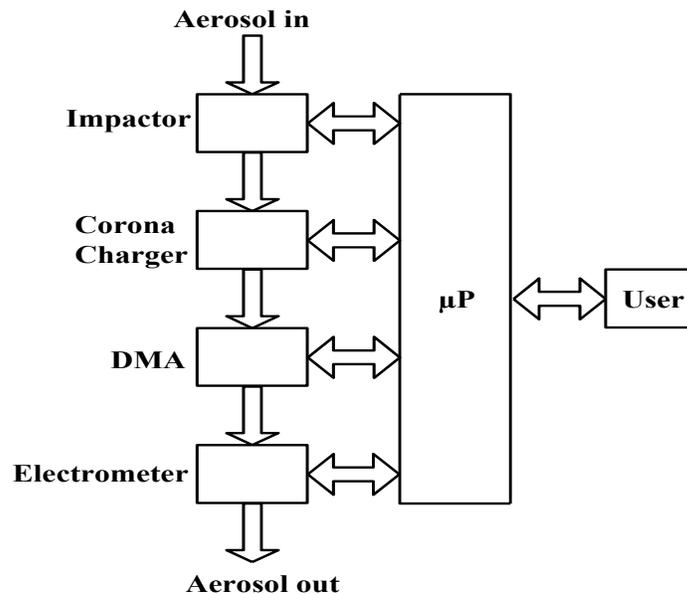


Abbildung 5 Prinzipdarstellung des Wide Range DMPS

Das zu untersuchende Aerosol wird durch einen Impaktor in seinem Größenbereich oberhalb 1 µm quasi abgeschnitten und anschließend durch einen Auflader in einen definierten elektrischen Ladungszustand gebracht. Die elektrisch geladenen Partikel werden dann anschließend in dem elektrischen Feld einer Kondensatoranordnung (DMA) fraktioniert. Die Partikel bewegen sich dabei senkrecht zu dem elektrischen Feld in der Anordnung. Die Kraftwirkung des elektrischen Feldes führt zu Bahnkurven, auf der die Partikel sich in Richtung einer Elektrode bewegen. Nur Partikel einer bestimmten elektrischen Mobilität bewegen sich auf einer Bahnkurve, die zum Auslass führt. Die Partikel, die diesen Auslass erreichen, werden gezählt. Somit ist die Anzahl der Partikel im Aerosol mit einer bestimmten Mobilität bekannt. Aus der Mobilität lässt sich auf den Partikeldurchmesser schließen [3]. Durch Variation der elektrischen

Feldstärke im DMA wird die Mobilität der Partikel geändert, die zum Auslass und damit zum Partikelzähler gelangen. Damit wird erreicht, dass der gesamte Mobilitäts- bzw. Partikelgrößenbereich erfasst wird.

Um die Anforderungen an das verbesserte Gerät zu erfüllen, wurden maßgeblich zwei Lösungsansätze umgesetzt:

- Integration aller Komponenten zu einem Gerät. Dies minimiert die Verluste und verbessert die Feldtauglichkeit.
- Verwendung einer radialen DMA-Anordnung mit zwei Einlassschlitzen und unterschiedlichen Volumenstromverhältnissen, um den gesamten Größenbereich abdecken zu können.

In der Abbildung 6 ist das entwickelte Konzept dargestellt.

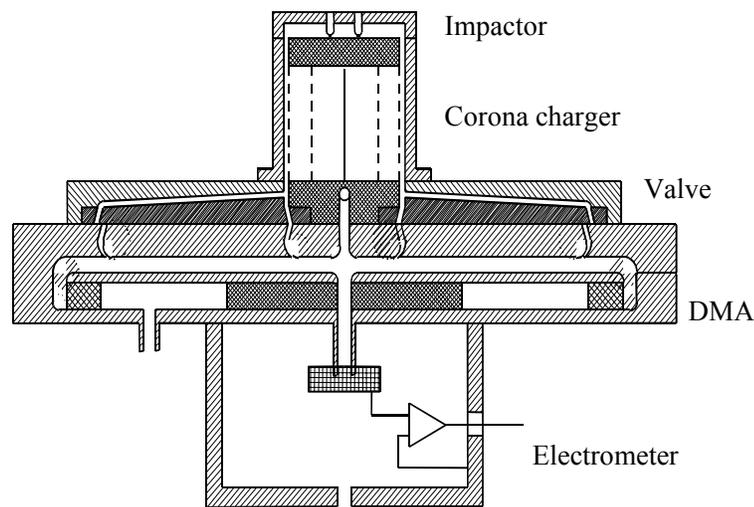


Abbildung 6 Konzept des neuen DMPS für submikrone Aerosole

Aus der Querschnittsdarstellung ist direkt zu erkennen, dass alle Komponenten zu einer sehr kompakten Gesamteinheit integriert wurden. Die besondere Strömungsführung mit minimalen Querschnitts- und Richtungsänderungen sorgt für minimale Verluste durch Abscheidung. Die einzelnen Komponenten sind in der Reihenfolge der Durchströmung erklärt.

Der Impaktor gewährleistet, dass keine Partikel in das System gelangen, deren Größe oberhalb der oberen Messbereichsgrenze liegen. Die auf diese Weise erfolgte Festlegung der oberen Nachweisgrenze des Gerätes erlaubt die Korrektur des Fehlers

verursacht durch mehrfach geladene Partikel. Der Impaktor besitzt zwei Abscheidestufen. Die erste Stufe ist ein Vorabscheider, der die nachfolgenden Stufen vor einer möglichen Verstopfung schützt, indem Partikel größer  $5\ \mu\text{m}$  schon abgeschieden werden. Bei der nachfolgenden Stufe lässt sich die Abscheidegrenze wahlweise zwischen  $1,4\ \mu\text{m}$  und  $0,4\ \mu\text{m}$  umschalten. Die Notwendigkeit ergibt sich aus den Messbereichsgrenzen des weiter unten erläuterten DMA's.

Zur Aufladung der Partikel wurde ein elektrischer Auflader gewählt. Der Auflader ist leicht steuerbar und benötigt keine radioaktiven Quellen. Das Prinzip basiert auf der Koronaentladung zur Erzeugung freier Ladungsträger. Die im elektrischen Feld der koaxialen Elektroden emittierten Elektronen werden in den Aerosolstrom geleitet. In dieser Aufladungszone kollidieren die Partikel mit den Elektronen. Durch eine gezielte Steuerung der Anzahlkonzentration der Elektronen und der Verweildauer der Partikel in der Aufladungszone lässt sich die Ladungsverteilung des Aerosols in weiten Grenzen einstellen. Für dieses Gerät wurde das Prinzip nach [4] optimiert.

Die Fraktionierung der geladenen Partikel erfolgt im differentiellen Mobilitätsanalysator (DMA), wie oben beschrieben. Der Messbereich eines DMA's wird durch zwei Effekte begrenzt. Für die Fraktionierung großer Partikel werden hohe Feldstärken benötigt, die begrenzt werden durch die Durchschlagsfeldstärken der Trägergase. Aus diesem Grund benötigt man DMA Anordnungen mit langen Bahnkurven, damit die großen und somit trägeren Partikel noch bei realisierbaren Feldstärken fraktioniert werden können. Bei kleinen Partikeldurchmessern und langen Bahnkurven - und damit langen Verweilzeiten im DMA - erhöht sich der Einfluss der Diffusion. Die Bahnkurven einer bestimmten Mobilität enden nicht immer am Auslass, sondern verteilen sich um den Auslass. Die Auflösung, also die Fähigkeit eines DMA's unterschiedliche Partikelmobilitäten zu fraktionieren, wird somit für kleinere Partikel immer schlechter. Die Verweilzeit im DMA muss daher für kleine Partikel so kurz wie möglich sein. Diese beiden konträren Anforderungen für kleine, bzw. große Partikel, lassen sich nur durch die Integration zweier DMA's in einer Konstruktion befriedigen. In der Abbildung 7 ist das Prinzip eines solchen DMA's gezeigt.

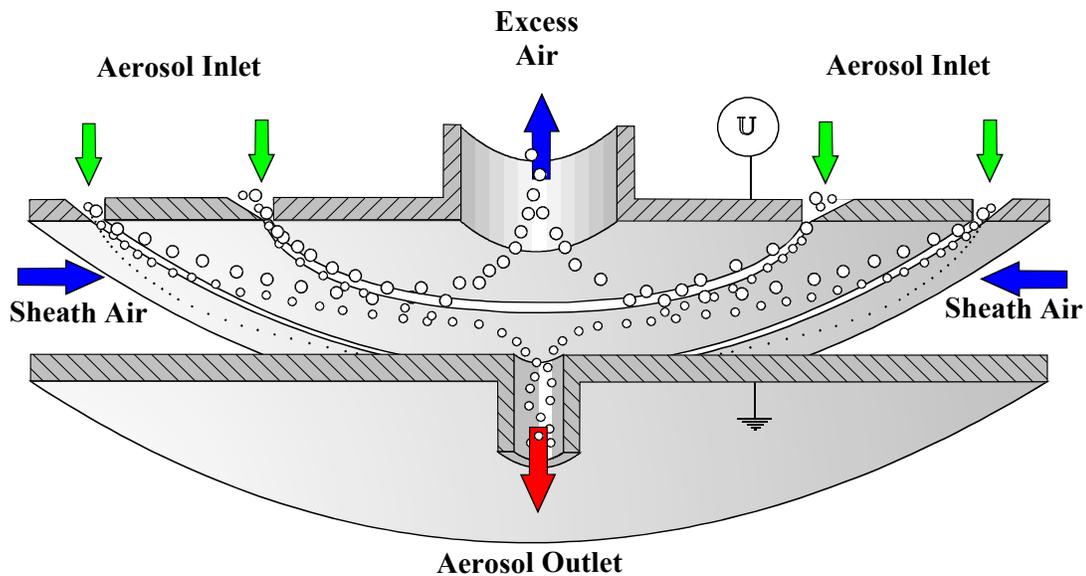


Abbildung 7 Prinzipdarstellung eines radialen DMA's mit zwei Einlässen

Der neue DMA ist als so genannter radialer DMA ausgeführt. Er besitzt zwei parallele kreisrunde Elektroden, zwischen denen ein homogenes, elektrisches Feld besteht. In radialer Richtung strömt das Aerosol durch einen schmalen Ringspalt in den DMA hinein und durch eine zentrale Öffnung heraus. Damit der große geforderte Messbereich realisiert werden kann, wurden hier erstmalig zwei Einlassspalte mit unterschiedlichen Durchmessern realisiert. Der innere Spalt führt zu kurzen Verweilzeiten des Aerosols im DMA und damit zu einer hohen Auflösung bis zu 3 nm Partikeldurchmesser. Strömt das Aerosol durch den äußeren Spalt, ist die Verweilzeit länger, und bei gleicher maximaler Feldstärke können Partikel bis 1000 nm fraktioniert werden. Eine spezielle Ventilscheibe gibt alternativ einen der beiden Einlassspalte frei.

Bei der Konstruktion wurde erreicht, dass die Strömung des Aerosols völlig frei von einer tangentialen Komponente ist. Nur so bilden sich rein zentrisch gerichtete Bahnkurven aus. Dies ist eine Voraussetzung für die Berechnung der Partikelgrößen.

Die Strömungsverhältnisse an den kritischen Einlassspalten wurden mit Hilfe dreidimensionaler Modelle simuliert. Es zeigten sich bei der optimierten Strömungsführung keine Turbulenzen, welche die Bahnkurven stören könnten. Die Auflösung des neuen Gerätes ist im Nanometer-Bereich besser als alle zur Zeit verfügbaren DMA's.

Als Partikelzähler ist ein Elektrometer entwickelt worden. Gegenüber den häufig verwendeten Kondensationskernezahlern besitzt das Elektrometer die Vorteile der weitgehenden Unabhängigkeit von dem thermodynamischen Zustand der Aerosole und

dem Fehlen von Betriebsflüssigkeiten wie Butanol o. ä.. Damit ist das System überhaupt erst feldtauglich. Die fraktionierten Partikel werden auf einem Filter in einem Faradayschen Käfig abgeschieden. Dieser muss von seinem Prinzip her feldfrei sein. Damit dies erfüllt ist, fließt ein dem Partikelstrom entsprechender Ausgleichs- bzw. Verschiebestrom. Dieser sehr kleine elektrische Strom wird gemessen und daraus die Anzahl der abgeschiedenen Partikel pro Zeiteinheit berechnet. Diese Anzahl der Partikel muss mit der bekannten Ladungsverteilung gewichtet werden. Der kleinste, messbare, elektrische Strom entspricht einer Konzentration von 25 einfach geladenen Partikeln pro  $\text{cm}^3$  bei einem Volumenstrom von 1,5 l/min.

Das Messsystem benötigt einige periphere Komponenten, die die Gasflüsse realisieren und regeln, Temperatur, Druck und Feuchtigkeit erfassen und wandeln und die diversen elektrischen Spannungen bereitstellen. Die Steuerung und Erfassung aller Daten des Gerätes werden zentral durch einen PC durchgeführt.

Mit diesem Gerät ist es möglich, Brandaerosole in dem interessierenden Größenbereich von 3 nm bis 1  $\mu\text{m}$  schnell zu messen, insbesondere bei Verwendung einer noch zu modifizierenden Software, wie sie im SMPS eingesetzt wird.

#### **4 Kalibrierung von Brandmeldern**

Aus den oben stehenden Ausführungen wird klar, dass für die Entscheidung, ob ein Brand vorliegt oder nicht, die entstehenden Partikel im Nanometerbereich eine besondere Bedeutung haben. Bedingt durch die Grenzen der Technik besitzt jeder Brandmelder eine untere Nachweisgrenze bezüglich der Partikelgröße. Diese Grenze muss bekannt sein, damit beurteilt werden kann, inwieweit der Sensor überhaupt einen Brand in der Entstehung detektieren kann oder nicht.

Die Kennlinie optischer Brandsensoren kann mit Hilfe der Mie Theorie oder weiterführenden numerischen Ansätzen berechnet werden. Für einen Ionisationsmelder kann man in erster Näherung einen linearen Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und der Partikelgröße sowie der Partikelanzahlkonzentration ableiten. In der Abbildung 8 sind die Kennlinien für beide Melderarten qualitativ dargestellt.

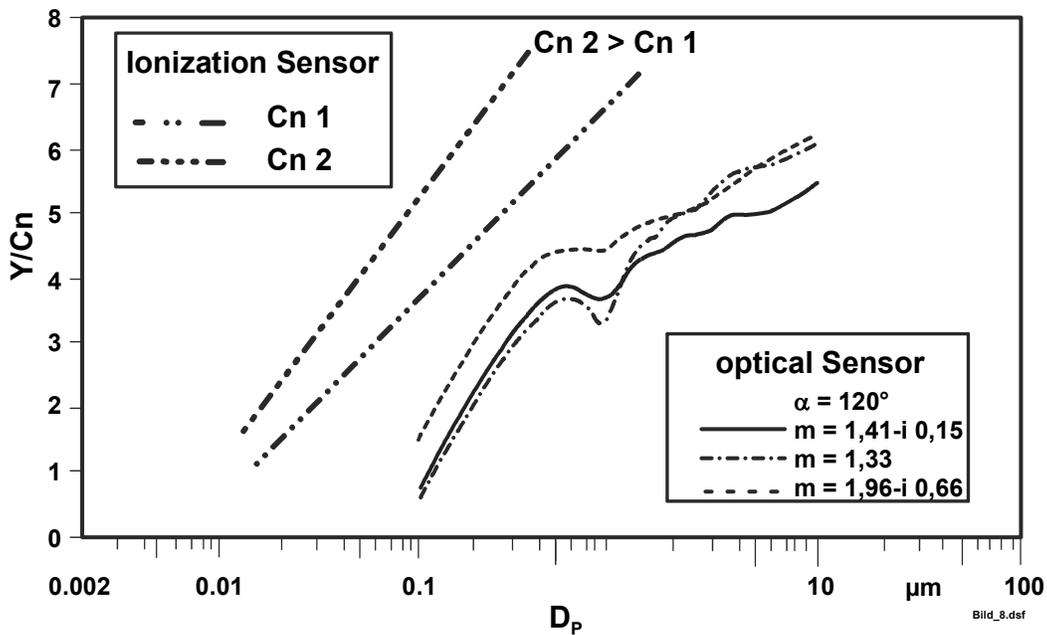


Abbildung 8 Kennlinien optischer Brandsensoren normiert auf die Partikelanzahlkonzentration

Für jeden individuellen Sensor können die Kennlinien auf der Abszisse verschoben sein. Bei den Ionisationsmeldern kann je nach Typ des Melders die Steigung der Geraden variieren. Bei den optischen Sensoren ist es wesentlich komplexer, da der Verlauf der Kennlinie nicht nur von der Geometrie des Sensors und seinen Komponenten abhängt, sondern auch von der Partikelform und dem Partikelmaterial.

Der Bereich der Kennlinien im Hinblick auf den erfassten Partikelgrößenbereich wird durch die obere und untere Nachweisgrenze des Sensors im Hinblick auf die Partikelgröße festgelegt. Die obere Nachweisgrenze ist hier nicht von Bedeutung, weil ein beginnender Brand kaum die Größenverteilung des Aerosols im Bereich großer Partikel verändert. Das Gegenteil trifft für die untere Nachweisgrenze zu. Zur Festlegung der unteren Nachweisgrenze verwendet man den sog. Zählwirkungsgrad, der angibt, welcher Anteil der Partikel gezählt wird. Der Verlauf des Zählwirkungsgrades wird maßgeblich durch das Rauschen in den Komponenten des Sensors geprägt. Weiterhin wird der Zählwirkungsgrad des Brandmelders im gesamten Messbereich durch die Verluste bei der Probenahme beeinflusst. Die Verluste in Rohrleitungssystemen sind in [5] betrachtet worden. Man kann den Zählwirkungsgrad

mit dem Wirkungsgrad des Probenahmesystems gewichtet und erhält dann den Wirkungsgrad des Gesamtsystems. In der Abbildung 9 sind die verschiedenen Wirkungsgrade qualitativ dargestellt.

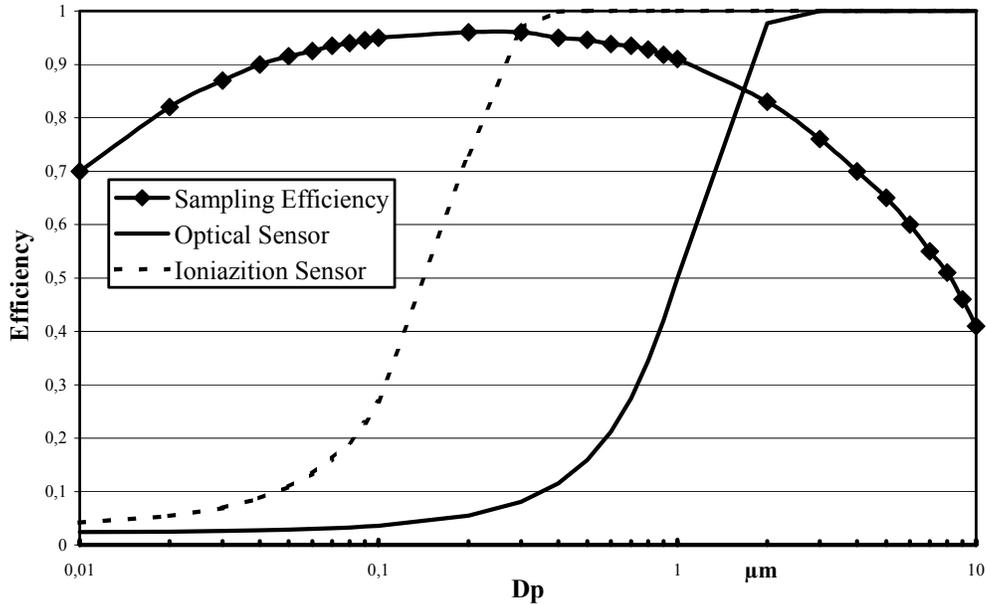


Abbildung 9 Zählwirkungsgrad für optische Brandsensoren und Ionisationsmelder

Zur Bestimmung der unteren Nachweisgrenze muss ein monodisperses Aerosol genügend hoher Konzentration bereitgestellt werden. Der typische Aufbau zur Erzeugung der Aerosole ist in der Abbildung 10 gezeigt.

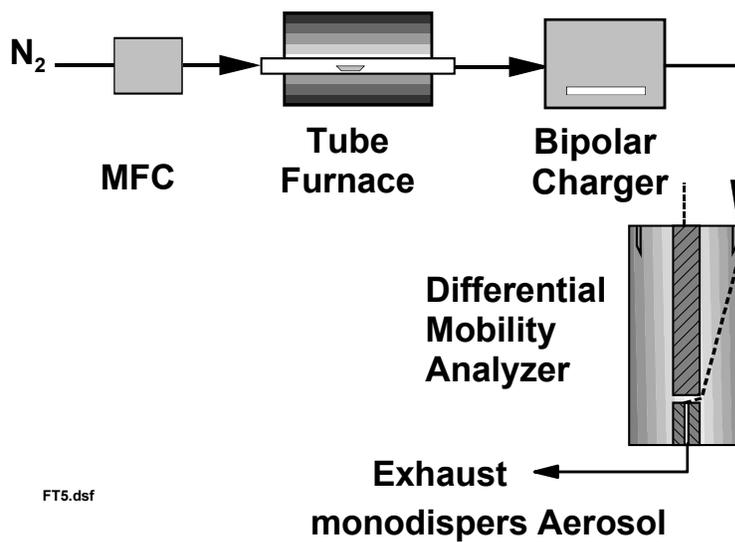


Abbildung 10 Aufbau zur Erzeugung von monodispersen Testaerosolen

Das Partikelmaterial wird in einem Rohrofen verdampft und durch die Gasströmung aus dem Ofen transportiert. Hinter dem Ofen kondensiert das Material aus der Dampfphase. Die Größe der Partikel lässt sich durch die gezielte Abkühlung z. B. durch Beimischung von kaltem Gas beeinflussen. Es entsteht ein stabiles aber polydisperses Feststoffaerosol. Analog zur Klassierung der Partikel bei der Messung der Brandaerosole wird auch hier durch definierte Aufladung und Fraktionierung im elektrischen Feld (DMA) ein monodisperses Aerosol erzeugt. Durch die Variation der Spannung am DMA lässt sich die Partikelgröße des monodispersen Aerosols einstellen. Mit diesen Testaerosolen werden dann die Sensoren beaufschlagt und ihre Signale gemessen. Bei Meldern, die Einzelpartikel zählen, wird die Partikelanzahlkonzentration mit einem unabhängigen Partikelzähler ermittelt, dessen Zählwirkungsgrad in dem betrachteten Partikelgrößenbereich nachweislich 100 % beträgt. Das Verhältnis der gemessenen Konzentrationen gibt den Wirkungsgrad an. In der Abbildung 11 werden die Kurven des Zählwirkungsgrades für einen optischen Sensor gezeigt.

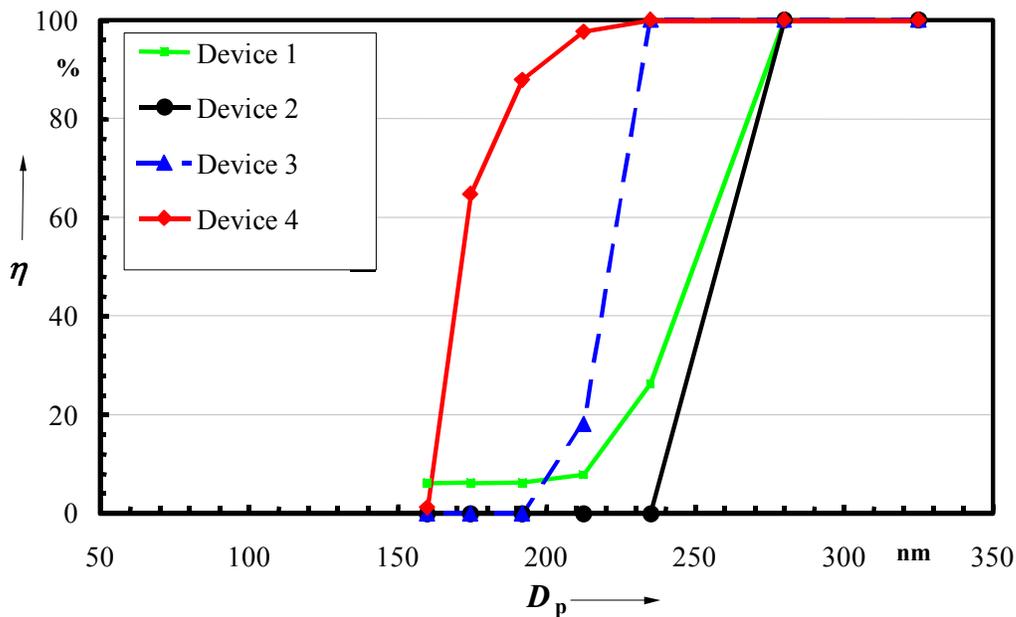


Abbildung 11 Experimentell ermittelte Kurven des Zählwirkungsgrades für optische Sensoren

Die Ergebnisse sind mit einem optischen Sensor, der Einzelpartikel bis zu Konzentrationen von  $10^5 \text{ cm}^{-3}$  zählt ermittelt worden. Die unterschiedlichen Verläufe des Zählwirkungsgrades beruhen auf der Anwendung verschiedener Algorithmen zur

Signalauswertung. Es ist deutlich zu erkennen, dass mit Hilfe der Signalauswertung die untere Nachweisgrenze zu kleineren Partikeln verschoben werden kann [6].

Für Brandmelder, die das Partikelkollektiv messen, muss ein validiertes Modell herangezogen werden, um das zu erwartende Signal für die gegebene Partikelanzahlkonzentration zu berechnen. Der Wirkungsgrad ergibt sich dann aus dem Verhältnis des gemessenen Signals zum berechneten Signal.

## **5. Zusammenfassung**

Mit Hilfe der hier vorgestellten Technik lassen sich Brandaerosole im Bereich von 3 nm bis 1  $\mu\text{m}$  schnell und mit hoher Auflösung messen. Das ermöglicht die Bestimmung charakteristischer Merkmale von Brandaerosolen, auch in ihrem zeitlichen Verlauf. Mit diesen Kenntnissen können Kriterien zur Alarmauslösung weiter verbessert werden.

Sollen Brandmelder diese Merkmale sicher messen können, muss im Rahmen einer Kalibrierung sichergestellt werden, dass der Melder diese Brandaerosole auch vor dem Hintergrund der natürlichen Aerosolbelastung messen kann. Dazu muss die untere Nachweisgrenze der Brandmelder bestimmt werden. Für diese Aufgabe ist das dargestellte System zur Erzeugung von monodispersen Testaerosolen in dem Größenbereich von 3 nm bis 100 nm geeignet.

## **6 References**

- [1] Fissan, H.; Helsper, C.; Franzen, H. Particle Size Distribution of Combustion Aerosols Atmospheric Pollution. M. M. Benarie (Ed.), Studies in Environmental Science 1987, 1: 263-266
- [2] Müschenborn, P.; Otten, F.; Trampe, A.; Luo, J.; Neumann, S.; Fissan, H. Development of a new wide-range Differential Mobility Particle Sizer. 3.ETH-Workshop „Nanoparticle-Measurement“; ETH, Zürich, Swiss, Aug 1999
- [3] Hinds W. C. Aerosol Technology. Wiley-Interscience Publication, New York 1982, 288

- [4] Büscher, P.; Schmidt-Ott, A.; Wiedensohler, A. Performance of a Unipolar "Square Wave" Diffusion Charger with Variable  $z$ -Product. *J. Aerosol Sci.* 1994, 25: 651-663
- [5] Fissan, H.; Otto, E.; Dixkens, J. Particle Transport in Sampling Lines used in Fire Detection Systems. *Fire Safety Journal* 1997, 29; 205-215
- [6] Borggräfe, P. Erweiterung des Messbereiches von optischen Partikelzählern durch gezielte Reduzierung der Störquellen und mit digitalen Signalverarbeitungsmethoden. Dissertation, Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, 1999